

УДК 651.1

В.Х.ДАЛЕКА, канд. техн. наук

Харківська державна академія міського господарства

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ НА МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Розглядаються методологічні аспекти, тобто сукупності прийомів дослідження ресурсовикористання, обґрунтовується їх застосування на міському електричному транспорті.

Вирішення проблеми ресурсозбереження в Україні сьогодні є одним з пріоритетних напрямків державної політики. Ця проблема тісно зв'язана з проблемами енергетики, екології, технічного переозброєння та структурної перебудови всієї економіки. Важливість ресурсозбереження підтверджується прийняттям у 1994 р. Закону України “Про ресурсозбереження” [1] та відповідних Державних програм. Заплановано скорочення втрат різних видів ресурсів, зокрема первинних енергоресурсів з 33 до 28% (в 2010 р.), хоча Україна забезпечена ними лише на 47% [2].

Проблема ресурсозбереження потребує першочергового вирішення особливо в ресурсомістких галузях, до яких відноситься і транспорт, що споживає 13,4% загального потоку первинних енергоресурсів [2].

Зменшенню рівня ресурсовикористання на транспорті приділяється велика увага, зокрема, на автомобільному [3, 4], залізничному [5, 6], міському електричному транспорті [7], де розв'язуються питання раціонального споживання матеріальних, енергетичних, трудових, інформаційних та фінансових ресурсів. Але на міському електричному транспорті в основному вирішуються питання раціонального споживання енергетичних ресурсів [7], тому тут є комплексний розгляд проблеми ресурсозбереження.

Метою даної статті є систематизація методологічних аспектів, тобто сукупності прийомів дослідження ресурсовикористання і обґрунтування їх застосування на міському електричному транспорті (МЕТ).

Для цього МЕТ пропонується розглядати як систему з трьох сторін: 1) перетворення попиту на транспортні послуги до пасажироперевезень; 2) технологічну систему; 3) систему споживання ресурсів на транспортну роботу, а експлуатацію МЕТ – з підсистем: управління, комерційної та технічної експлуатації з їх функціональними завданнями. На основі цього розглядаються методи моделювання процесів ресурсовикористання, розробки системної моделі функціонування, мо-

делей процесів і даних на МЕТ.

Міський електричний транспорт як система перетворення попиту на транспортні послуги до пасажироперевезень. З точки зору теорії систем МЕТ в тій його частині, що стосується експлуатації, є сукупністю пунктів, де відбувається пасажирообмін, поєднаних між собою зв'язками, на яких відбувається перенесення пасажирів, так, що на j -му відрізку пересуваються пасажирів, які зайшли на попередніх $i=0, 1, 2, \dots, j-1$ пунктах (зупинках) за винятком тих, які вийшли на $q=1, 2, \dots, j$ зупинках. Таким чином, кожна з $\langle k \rangle$ рухомих одиниць має наповненість $B^{\langle k \rangle}$:

$$B^{\langle k \rangle} = (N_j^{\langle k \rangle} + \sum_{i=0}^{j-1} N_i^{\langle k \rangle} - \sum_{q=1}^j M_q^{\langle k \rangle}).$$

Прибуття пасажирів ззовні на зупинки характеризується інтенсивністю n_j , що є функцією часу. Інтенсивність прибуття пасажирів ззовні узгоджується з наявністю задоволення попиту на транспортні послуги тим, що частота надходжень рухомих одиниць f_j з наявністю вільних місць (як різниці між припустимим наповненням $B_{\max}^{\langle k \rangle}$ і фактичним $B_{j,j-1}^{\langle k \rangle}$) відповідає інтенсивності надходжень пасажирів:

$$n_j \leq (B_{\max}^{\langle k \rangle} - B_{j,j-1}^{\langle k \rangle}) \cdot f_j. \quad (1)$$

Як вище було сказано, інтенсивність прибуття є незалежним від властивостей системи параметром і може бути встановлена як незалежна функція часу $I(t)$. Отже, відповідно до (1) функцією часу повинен бути обсяг місць, що надається транспортом, тобто кількість n одиниць, що одночасно перебувають в русі, теж має бути функцією $n_j = n(I_j)$.

З метою зменшення споживання ресурсів, залежно від виду функції $I(t)$, кількість $n_j(I_j)$ змінюється шляхом відправлення зайвих одиниць в депо при зменшенні I_j , і подачі додаткових одиниць при зростанні I_j .

Міський електротранспорт як технологічна система. Якщо розглянути рух по відрізках транспортної мережі безвідносно до інтенсивності надходжень пасажирів на зупинки, тобто вважати рух реалізацією заздалегідь сформованого плану подачі певних кількостей одиниць та їх відправлення до депо, то виникає можливість подання міського електротранспорту на іншому рівні – як технологічної системи, що

повинна забезпечити проходження рухомих одиниць по відрізках транспортної мережі за заданими графіками при дії збурень. Збурення можуть бути викликані затримками одиниць на зупинках або ззовні під час руху – світлофори, пішоходи, інші учасники дорожнього руху тощо. Критерієм ефективності цієї системи як технологічної є мінімум відхилень фактичних інтервалів руху $\tau_j^{<k>}$ по відрізках транспортної мережі рухомих одиниць, що належать до $k=1,2,...$ маршрутів, від планових $\bar{\tau}_j^{<k>}(t)$:

$$\Delta t_{j,k} = (\bar{\tau}_j^{<k>}(t) - \tau_j^{<k>}(t)) \rightarrow \min.$$

Міський електротранспорт як система споживання ресурсів на транспортну роботу. Якщо розглянути роботу технологічної системи електротранспорту в межах припустимих відхилень, тобто за умови дотримання критерію стійкості, то процес експлуатації міського електротранспорту може бути представлений системою перетворення ресурсів на транспортну роботу. Зокрема, на рух витрачається певна кількість електроенергії, тобто при наявності на мережі n рухомих одиниць, кожний з яких споживає питому (на одиницю часу) потужність P , загальне споживання енергії виглядає як

$$Q = \int_0^t n(t) \cdot P \cdot dt.$$

Аналогічно можна подати споживання матеріалів, запчастин, робочої сили тощо. Очевидно, що критерієм досконалості такого подання системи є досягнення мінімуму витрат τ -го виду ресурсів

$$\sum Q \rightarrow \min ; \quad n \int_0^{\tau} V_{\text{сп}} dt \rightarrow \max$$

при максимізації обсягу пасажироперевезень.

Дослідження, виконані на інших видах транспорту [3,6], свідчать, що з метою ресурсозбереження необхідно розглядати системні моделі функціонування об'єктів. Тому основні закономірності побудови, функціонування, розвитку та адаптації МЕТ також повинні розглядатись за принципом функціональної єдності його об'єктів і систем, що можна описати такою формулою системного аналізу [3]: <Об'єкти і рухомий склад МЕТ> \leftrightarrow <Процеси МЕТ, що забезпечують необхідний стан об'єктів та рухомого складу> \leftrightarrow <Системи та підсистеми, що реалізують відповідні процеси МЕТ>.

Ефективність функціонування МЕТ значною мірою залежить від комплексного вирішення множини задач Z_{jk} системної моделі функціонування МЕТ, що зорієнтовані на досягнення високих кінцевих результатів діяльності підприємства при раціональному використанні матеріальних, енергетичних, трудових, інформаційних та фінансових ресурсів.

Множина задач Z_{jk} , цілеспрямованих на забезпечення необхідного рівня ефективності функціонування МЕТ, повинна формуватись з урахуванням організаційних, технологічних, технічних, економічних і соціальних аспектів діяльності підприємства і його специфіки [3].

При постановці множини задач Z_{jk} відповідного рівня функціонування МЕТ мають бути комплексно враховані всі аспекти його діяльності.

Множину задач Z_{jk} можна представити при декомпозиції як дві підмножини:

$$Z_{jk} = Z_{jk}^{(1)} \cup Z_{jk}^{(2)}; \quad Z_{jk}^{(1)} \cup Z_{jk}^{(2)} = Z_{jk}; \quad j=1,2,\dots,J; \quad k=1,2,\dots,K,$$

де $Z_{jk}^{(1)}$ – підмножина задач, розв'язання яких забезпечує досягнення необхідного рівня якості функціонування виробничих процесів МЕТ; $Z_{jk}^{(2)}$ – підмножина задач, розв'язання яких забезпечує раціональне використання ресурсів; j – види ресурсів, що використовуються для розв'язання нових оптимізаційних задач; k – етапи життєвого циклу функціонування МЕТ.

Основну мету функціонування МЕТ можна подати у вигляді

$$\max_{U_i \in U} \Pi = \max_{U_i \in U} \left[D_i - \left(\sum_{j=1}^J R_i + R_{Hi} + R_{Ai} \right) \right], \quad (2)$$

де $\max \Pi$ – максимальний прибуток підприємства на i -му проміжку часу при раціональному використанні матеріальних, енергетичних, трудових, інформаційних і фінансових ресурсів; D_i – доходи підприємства на i -му проміжку часу; R_i – матеріальні, енергетичні й трудові ресурси, витрачені на функціонування виробничих процесів МЕТ на i -му проміжку часу; R_{Hi} – накладні витрати на i -му проміжку часу; R_{Ai} – амортизаційні нарахування на повне відновлення основних виробничих фондів.

Максимізація виразу (2) забезпечується за рахунок розв'язання множини задач.

Міський електричний транспорт в цілому та його експлуатацію можна розглядати як об'єкт управління, що знаходиться в певному середовищі [8].

Транспортні системи МЕТ характеризуються рядом специфічних особливостей: значним територіальним розподілом і величезним числом елементів, що формують систему; безперервним розвитком у просторі (по території) і в часі; ієрархічною структурою систем, що управляє і якою управляють, та безпосередньою наявністю суб'єкта в контурі управління; безперервністю в часі процесів транспортної роботи; високим ступенем централізації управління з одночасною децентралізацією оперативного управління технологічними процесами пасажироперевезень; інерційністю транспортних процесів і неможливістю створення його оперативних запасів при наданні послуг.

З погляду структури і функціонального призначення окремих елементів ці системи можна подати у вигляді чотирьох незалежних за характером і критеріями функціонування підсистем: населення з попитом на транспортні послуги, транспортні мережі, виробничі об'єкти і рухомий склад (виробничо-технологічний потенціал), а також споживачі транспортних послуг – пасажирів.

Кожну підсистему виробничо-технологічного потенціалу, розглянуту в деякий момент часу, можна характеризувати двома змінними величинами – ефективністю функціонування (регулярністю руху, наповненням транспортних одиниць та ін. залежно від об'єкта) і рівнем споживання ресурсів, а також рядом інших параметрів. У цьому випадку розподіл ресурсів у виробничо-технологічному потенціалі в будь-який момент часу характеризується значеннями змінних і є наслідком поточної структури мережі і параметрів її підсистеми.

Наведені вище методи дають змогу створити функціональну модель експлуатації для системного аналізу за методологією IDEFO (Integration Definition for Function Modeling) [9], тобто з допомогою технологічних та інструментальних CASE – засобів фірми Computer Associates – BPwin. Основу методології IDEFO складає графічна мова опису бізнес-процесів, у якій контекстна діаграма є вершиною деревоподібної структури діаграм і являє собою загальний опис системи та її взаємодії з навколишнім середовищем. Декомпозиція контекстної діаграми дає можливість одержати необхідну кількість діаграм дерев вузлів, що відображають ієрархічну залежність робіт і забезпечують потрібну глибину функціонального аналізу експлуатації МЕТ.

Таким чином, розглянуті вище методологічні аспекти дозволяють розробити необхідні математичні моделі, стратегію і концепцію ресурсозбереження на міському електротранспорті.

1. Про енергозбереження: Закон України // Постанова Верховної Ради України №75/94-ВР від 01.07.1994.
2. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / Ковалко М.П., Денисюк С.П. / Відп. ред. Шидловський А.К. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.
3. Левковець П.Р., Гедз Ю.М., Канарчук О.В., Кришан Г.Л., Сендак М.Д. Системна ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії / Під ред. П.Р.Левковця. – К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. – 216 с.
4. Кельман І.І. Основи забезпечення системної ефективності експлуатаційних властивостей автобусів. – Львів: НВП “Мета”, 2001. – 200 с.
5. Тартаковський Е.Д., Бабанін О.Б. Формалізація задач матеріально-технічного забезпечення при технічному обслуговуванні локомотивів // Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Вип. 46. – Харків: ХарДАЗТ. – С. 5-8.
6. Гетьман Г.К. Моделирование рационального парка технических объектов // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 1999. – № 1. – С. 3-6.
7. Будниченко В.Б., Далека В.Х., Карпушин Е.І., Хворост М.В. Планування потреби в електроенергії на експлуатацію міського електротранспорту за узагальненими статистичними даними // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вип. 30. – К.: Техніка, 2001. – С.249-254.
8. Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д. Оперативное управление потокораспределением в инженерных сетях. – Харьков: Вища школа, 1980. – 144 с.
9. Маклаков С.В. BPwin и ERwin. CASE-средства разработки информационных систем. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2001. – 304 с.

Отримано 15.02.2003

УДК 656(1-21) : 681.5 + 658.58

В.Б.ДУДКО, Б.І.МОКІН, д-р техн. наук, М.П.РОЗВОДЮК
Вінницький державний технічний університет

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТРАМВАЯМИ

Приводяться основні результати синтезу математичних моделей емпіричних законів розподілу споживання електроенергії трамваями і математичних моделей прогнозу споживання електроенергії трамваями на маршрутах.

Оскільки трамвайний парк відноситься до розряду найбільших споживачів електроенергії в кожному місті, де він є, то актуальною є задача мінімізації витрат електроенергії на кожний трамвай, що працює на маршруті.

Для контролю електроспоживання трамваями Вінницького трамвайно-тролейбусного управління (ТТУ) в кабінах водіїв кожного з вагонів встановлено лічильники електроенергії. Це дозволяє визначити, по-перше, в якому технічному стані знаходиться той чи інший вагон, по-друге, дає можливість, крім економії електроенергії, своєчасно попередити вихід з ладу трамвая, і, по-третє, оцінити ступінь кваліфікації водія трамвая.